EXPERIMENTAL-BEITRÄGE

ZUR LEHRE

VON DER LEUCHTGASVERGIFTUNG.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

KGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

VORGELEGT VON

FRANZ F. KRUSIUS

AUS

LAUBENHEIM—MAINZ.

WÜRZBURG

FRANZ SCHEINER's BUCHDRUCKEREI

1905.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: Herr Prof. Dr. A. J. Kunkel.

MEINEN

LIEBEN ELTERN.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507204_0035

Im Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 48 p. 106 berichteten Ferchland und Vahlen über Versuche, die sie an Warm- und Kaltblütern angestellt hatten, und aus denen sie den Schluss zogen, dass die allgemein bestehende Auffassung der Leuchtgasvergiftung als Kohlenoxydvergiftung nicht zu Recht bestehe. Kunkel unterzog ihre Versuche einer eingehenden Kritik. (Über Verschiedenheit von Leuchtgas- und Kohlenoxydvergiftung. Sitzungsberichte der physikal.-medizin. Gesellschaft zu Würzburg.) Die technische Anordnung der Warmblüterversuche und infolgedessen auch ihr Ergebnis seien nicht strikte beweisend.

Kunkel stellte einige orientierende Versuche an Fröschen an und konstatierte ebenfalls bei Kaltblütern einen Unterschied im Verlauf der Kohlenoxyd- und der Leuchtgasvergiftung, insofern bei der letzteren choreaartige Krämpfe beobachtet wurden, die bei der reinen Kohlenoxydvergiftung fehlten.

Darauf erschien eine Erwiderung von Vahlen: Über Leuchtgasvergiftung. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 49 p. 245, nur als verteidigende und ausführende Replik gegenüber der Kritik von Kunkel. Dann lag vor nach diesen Arbeiten eine Mitteilung von R. Staehelin: „On the part played by Benzene (Benzol) in poisoning by Coal Gas", Jan. 1904, from the proceedings of the Royal Society.

Hierin wurden einige interessante Beobachtungen mitgeteilt über das verschiedene Verhalten des isolierten Froschmuskels in verschiedenen Gasen. Parallelversuche in Leuchtgas und Benzoldampfatmosphäre führten Staehelin zu der Vermutung, dass vielleicht dem Benzol die typische toxikologische Wirkung in der Leuchtgasvergiftung auf Kaltblüter zukäme. Einige Versuche mit dem ganzen Frosch in Leuchtgas, Benzoldampf, benzolfreiem Leuchtgas und Kohlenoxyd coincidierten mit dieser Annahme. An diese letzteren Versuche direkt anknüpfend stellte ich im Laboratorium des pharmakologischen Instituts zu Würzburg einige Froschversuche an. Ich bediente mich einfacher 1 l fassender Standgläser, die in einem grossen Wasserzuber mit Wasser gefüllt, umgestülpt und dann von unten mit dem entsprechenden Gas gefüllt wurden, bis sie, im Wasserzuber auf eine Glasplatte aufgesetzt, im eigenen Innern wasserfrei waren. Dann konnte der Frosch unter Wasser ganz leicht und ohne die geringste Gasverunreinigung in das Standglas gebracht werden.

Zuerst wurde in dieser Anordnung ein Versuch mit reinem Stickstoff angestellt, um das Bild der reinen Erstickung am vorliegenden Froschmaterial abgrenzen zu können. Dem parallel laufend ein Versuch mit Leuchtgas, das sich bei der Analyse als O frei erwies.

Der Stickstoff wurde hergestellt aus Natrium nitrosum und Chloramonium. Bei der Analyse nach Hempel ergab sich als absorbierbar durch K O H: O %, als absorbierbar in der Phosphorpipette: O %.

I.

Frosch in reinem (N)

1^{55} In das Gas gebracht, zeigt keine Störung.

2^{h} lebhaft, atmet ruhig. Springt.

II.

Frosch im Leuchtgas.

1^{55} In das Gas gebracht. Wischt Augen.

2^{h} sitzt ganz still, wischt Augen mit Nickhaut und

2^{05} sitzt aufgerichtet, atmet stossweise und tief.

2^{15} sitzt aufrecht. Springt. Schluckt. Schnappt und pausiert dann längere Zeit in der Atmung.

2^{20} Quakt. Kopf hoch aufgerichtet.

2^{30} Sitzt aufrecht. Atmet spärlich mit langen Pausen.

2^{35} Schnappt 2 mal.

2^{40} Wischt über die Augen, schnappt tief. Atmet.

2^{45} Atmet. Klettert mühsam. Sitzt dann wieder aufrecht und schnappt.

2^{55} Sitzt mit offenem Maul da.

Pfoten. Atmet pausierend und mühsam.

2^{05} liegt ganz platt auf dem Boden. Kopf geduckt. Atmet kaum. Krämpfe der Nackenmuskulatur.

2^{15} liegt platt auf dem Bauch, Kopf dicht am Boden. Atmet nicht. Unter Wasser auf den Rücken gelegt, erholt er sich etwas. Fuss gequetscht, zuckt. Auf dem Rücken im Leuchtgas dreht er sich nicht um. Atmung sistiert.

2^{20} Wenn gequetscht, schwaches zuckendes Schlucken. Liegt immer noch auf dem Rücken. Herzschlag schwach sichtbar.

2^{30} Liegt regungslos auf dem Rücken. Atmet 2 mal ganz schwach zuckend.

2^{35} Herzaktion ganz langsam sichtbar. Keine Atmung.

2^{40} Flimmerzucken auf Quetschreiz, keine Atmung. Herzaktion erloschen.

2^{45} Im Wasser unbeweglich. Keine Herzaktion.

3^{00} Regungslos mit offenem Maul. Kopf nach oben gestreckt. Keine Atembewegungen. Streckkrampf.
3^{05} Auf den Rücken gelegt, keine Herzaktion und Atmung mehr erkennbar.

Es hatte also der Frosch gebraucht bis zum völligen Tode im O freien N 1 Stunde 10 Min., im O freien Leuchtgas 45 Min.

Die reine N Erstickung beim Frosch verlief ganz entsprechend dem von Kunkel (1) aufgestellten Bilde.

In den Hauptzügen: unregelmässig werdende, immer länger pausierende Atmung und der terminale Streckkrampf. Auffallend gegenüber dem Bilde der Leuchtgasvergiftung war die von Anfang an eingenommene und durch den ganzen Versuch bewahrte aufgerichtete Haltung des Frosches. Es sah aus, als ob er möglichst weit in das Gas hinein wolle, um nach Spuren von Sauerstoff darin zu suchen.

Der Leuchtgasfrosch dagegen duckte sich schon nach einigen Minuten ganz flach auf den Boden, Kehle und Maul fest auf die untere Glasplatte gepresst. Diese charakteristische Stellung kehrte auch bei späteren reinen Leuchtgasversuchen typisch wieder. Unmöglich ist es mir zu entscheiden, ob diese Stellung aktiv vom Frosch selbst eingenommen ist, bedingt durch sein Bestreben einem etwaigen reizenden und ätzenden Gasbestandteil auszuweichen in das spurenweise vorhandene Bodenwasser. Hierfür spräche die ausgesprochen aufrechte Haltung im reinen N-Versuch und die lebhaften Augenwischbewegungen mit Pfoten und Nickhaut beim Leucht-

gasfrosch als Zeichen einer Reizung der Konjunktiven. Oder man könnte annehmen, dass hier Lähmungserscheinungen eine Rolle spielen, speziell in den vorderen Körperabschnitten und könnte dies nach den vorliegenden Beobachtungen von Santesson (2) an mit Benzol vergifteten Fröschen und Muskelpräparaten mit dem Vorhandensein von Benzol im Leuchtgas in Verbindung bringen. Zumal weitere Versuche zeigen werden, dass diese typische platte Bodenlage nicht beobachtet wird, wenn man das Leuchtgas nach Durchleiten durch rauchende Schwefelsäure über Bimssteinstückchen von den schweren Kohlenwasserstoffen befreit, von denen das Benzol nur einen kleinen Bruchteil bildet. Vor der Passage durch die Schwefelsäure wurde das Leuchtgas über Chlorcalcium von etwaigem Wasser befreit, und die aus der Schwefelsäure mitgerissenen Dämpfe von Schwefelsäureanhydrid wurden zum Schluss durch Leiten über Natronkalk und Schütteln mit Aetzmagnesia neutralisiert. Probeanalysen des reinen Leuchtgases und nach der Passage durch die Schwefelsäure etc. ergaben keine Spur von Trübung in der Hempel'schen Phosphorpipette (d. i. vollständiges Freisein von Sauerstoff).

Das von den schweren Kohlenwasserstoffen befreite Leuchtgas zeigte keine Spur mehr des charakteristischen Leuchtgasgeruchs. Es sollen folgend einige Parallel-Froschversuche notiert werden.

III.

Frosch in Leuchtgas frei von O und den schweren Kohlenwasserstoffen.

4^{50} Ins Gas hineingebracht, hält den Kopf hoch. Atmet regelmässig.

IV.

Frosch in O freiem gewöhnlichem Leuchtgas.

4^{50} Ins Gas gebracht, wischt über die Augen. Hält den Kopf geduckt.

4^{55} Hochaufgerichtet. Lebhaft. Atmung unregelmässig, pausierend.

5^{0} Springt. Sitzt dann hochaufgerichtet. Atmung unregelmässig pausierend.

5^{10} Springt. Keine Krämpfe. Sitzt hoch. Atmung pausiert, dann mehrmals hintereinander flach und rasch.

5^{15} Hochaufgerichtet. Atmung pausiert lange vollständig, dann flüchtiges Schlucken. — Macht mit dem Kopf schnappende Bewegungen.

5^{20} Hochaufgerichtet. Vereinzelt tiefe Atmungen aus der Pause heraus.

5^{25} Hochaufgerichtet. Atmung flach, pausierend. Springt.

5^{30} Schnappende Bewegungen. Strebt am Glas in die Höhe. Ganz vereinzelte Atmung.

5^{40} Kriecht auf die andere Seite des Glases hinüber. Kopf hoch. Springt noch auf Berühren. Schnappende Atembewegungen.

4^{55} Atmung angestrengt, jappend. Liegt ganz flach auf dem Boden. Krämpfe.

5^{0} Schnappende Atembewegungen und Krämpfe der Nacken- und Rückenmuskulatur. Liegt platt auf dem Bauch.

5^{10} Lebhafte Krämpfe, ganz platt am Boden. Ruhe. Krampfhaftes Schnappen. Ruhe. Zuckungen. Ruhe.

5^{15} Zuckt. Schnappende Atmung aus vollkommener Pause heraus. Ruhe unterbrochen von raschen heftigen Zuckungen.

5^{20} Ganz platt am Boden. Regungslos.

5^{25} Reaktionslos auf den Rücken gelegt. Herz pulsiert noch. Atmung sistiert. Scheintot.

5^{30} Herzgang langsam schlagend. Scheintot.

5^{45} Herzschlag ganz langsam. Kontraktion unvollkommen.

5^{50} Atmung selten. Schiebt sich am Glas in die Höhe und sinkt dann schwach wieder herunter.

6^{0} Atmung sistiert. Auf den Rücken gelegt, keine Reaktion. Scheintot.

Beide aus dem Gas genommen.

6^{30} Keine Wiederbelebung. Herzaktion ganz schwach sichtbar.

6^{30} Keine Wiederbelebung. Herz schlägt regelmässig.

8^{h} Beide tot. Herztätigkeit erloschen.

Um sicher zu sein, dass die schweren Kohlenwasserstoffe wirklich in Versuch III eliminiert gewesen waren, wurde der Gasinhalt III analysiert. Die fehlende Absorption in der Hempelschen Schwefelsäure-Pizette ergab einen Gehalt von schweren Kohlenwasserstoffen von 0 %. — Auffallend war wiederum der typische Unterschied der Haltung und das Vorhandensein von Krämpfen beim Leuchtgas Frosch IV, während sie bei III vollkommen fehlten.

V.

Frosch in Leuchtgas befreit durch H_2SO_4 von schwer. Kohlenwasserstoff.

9^{40} Frosch im Gas. Sitzt aufrecht, Kopf hoch. Atmung regelmässig, flach, rasch. Blinzelt nicht.

VI.

Frosch in Leuchtgas.

9^{40} Frosch ins Gas. Springt zuerst lebhaft. Sinkt dann ganz flach zusammen. Wischt beständig die Augen mit Pfoten und Nickhaut. Atmung unregelmässig. Krampfhaftes Wischen der Augen.

9^{50} Dreht sich herum, klettert an der Wand hoch. Atmung regelmässig.

10^{0} Richtet sich hoch am Glas auf. Atmung regelmässig, ganz flach, dann wieder aussetzend und tief. Klettert hoch am Glase hinauf. Augen offen.

10^{10} Klettert hoch am Glas. Atmung von oben beschriebenem unregelmässigem Typus.

10^{15} Klettert mehrere male ganz hoch am Glas. Atmung sistiert längere Zeit ganz, dann flach, dann sehr tief.

10^{25} Unruhe. Lebhafte Bewegungen und schnappende Atmungszüge. Klettert am Glas hoch, dann aufge-

9^{50} Liegt mit halbgeschlossenen Augen am Boden. Atmung aussetzend.

10^{0} Krämpfe in den hinteren Extremitäten. Dann lebhaft auch vorn. Spontan und bei Berührung des Glases starke Zuckungen, dass er hoch flieht — kein Springen. Krämpfe der Nacken- und Rückenmuskulatur. Kopf tief am Boden. Ausserordentlich starke Krämpfe beim Türklappen und bei Schritten im Zimmer. Nickhaut geschlossen.

10^{10} Liegt meist flach am Boden. Leib aufgeblasen. Spärliche schwache Zuckungen und vereinzelte Krämpfe.

10^{15} Auf den Rücken gelegt, Zuckungen und Abwehrungen, doch vermag er sich nicht mehr umzudrehen. Atmung nicht vorhanden. Mylohyoideus fest kontrahiert.

10^{25} Sinkt auf dem Rücken schlaff zusammen, schiebt sich dann mit den Hinterbeinen hoch am Glas, doch

richtet hockend; unregelmässig pausierende Atmung.

10 35 Zeigt deutlichen Lufthunger. Macht schnappende Atembewegungen. Springt in die Höhe am Glas.

Hockt hoch aufgerichtet. Atmung pausierend.

10 50 Hochaufgerichtet. Atmung unmerklich flach, dann ein paarmal schnappend tief. Dann pausierend.

11 0 Springt schwach in die Höhe. Hoch aufgerichtet. Blinzelt und schluckt. Atmung lang pausierend unregelmässig.

11 10 Macht Maul weit auf und schluckt wieder. Sitzt hoch aufgerichtet.

11 30 Hochaufgerichtet. Atmung lange pausierend, dann tief schnappend.

vermag er sich nicht umzudrehen. Sinkt dann schlaff zurück.

Schwache Bewegungen in Armen. 2 Atembewegungen.

10 35 Wirft sich durch eine Streckbewegung der Beine auf den Leib zurück.

Liegt dann ganz platt ohne sichtbare Atmung am Boden. Leichte Krämpfe. Zusammengekauert, Kopf ganz unten am Glasrande.

10 50 Liegt ganz platt am Boden. Einige leicht zuckende Bewegungen. Auf Kneifen keine, ev. verspätete Reaktion. Keine deutliche Atmung.

11 0 Platt am Boden. Reaktions- u. atemlos. Scheintot.

11 10 Zeigt herausgenommen keine Herzaktion mehr. Sinkt steif unter Wasser unter.

Bleibt ausserhalb des Gases. Wird

bis **11** 30 allmählich lebendig. Herzaktion sichtbar. Keine Atmung. Keine Reaktion

	auf Kneifen. Steifheit schwindet.
11^{45} Atmung sistiert lange. Frosch wird schwächer. Springt auf Reiz und sinkt allmählich am Glase hinunter.	
12^{10} Reagiert viel schwächer. Atmung lange Pausen. 1—2 mal schnappend. Sinkt zusammen.	
12^{30} Reagiert nur noch ganz schwach.	Erholt sich bis **12**^{h} wieder so weit, dass er einige schnappende Atemzüge macht und auf stärkere Reize reagiert. In Leuchtgas zurückgebracht, in 20 Min. tot.
1^{h} Herausgenommen als tot. Reaktionslos, kein Herzschlag, keine Atmung sichtbar. Erholt sich bis zum nächsten Tag.	Erholt sich herausgenommen nicht mehr.

Sowohl während dieser als auch während der ersten Parallelversuche blieb ein Luft-Kontroll-Frosch in einem unter Wasser abgeschlossenen gleich grossen Luftquantum vollkommen frisch und gesund.

In Versuch V war der Frosch scheintot nach 3 Std. 20 Min., in dem entsprechenden Versuch III nach 1 Std. 10 Min. bei gleichen toxikologischen Erscheinungen; in Versuch IV war der Frosch scheintot nach 35 Min. und in dem analogen Versuch VI nach 1 Std. 20 Min., ebenfalls bei gleichen toxikologischen Erscheinungen. Es legte diese in der letzten Parallelversuchsreihe ausgesprochene längere Vitalität die Vermutung nahe, dass hier beide Gläser, sowohl das reine Leuchtglas als auch

das von den schweren Kohlenwasserstoffen befreite, durch ein bestimmtes Quantum Luft verunreinigt war, und diese Vermutung wurde bestätigt durch die Gasanalyse nach Hempel. Probe III und IV waren, wie schon erwähnt, analytisch Sauerstoff frei. Bei Probe V ergab die Analyse:

Absorbierbar durch KOH (CO_2)	0 %
„ „ H_2SO_4 (schwere Kohlenwasserstoffe)	0%
„ in der Phosphorpipette (O_2) . . .	1,2%
„ durch Cu_2Cl_2 (CO)	8%

Bei Probe VI ergab die Gasanalyse:

Absorbierbar durch KOH	0,8%
„ „ H_2SO_4	2,4%
„ „ Phosphorpipette . . .	0,9%
„ „ Cu_2Cl_2	8%

Diese Analyse beweist erstens, dass in Probe V wirklich alle schweren Kohlenwasserstoffe im Betrag von 2,4% beseitigt gewesen waren, dann zeigt sie auch, dass der geringe O_2-Gehalt durch Luftverunreinigung in Probe V und VI genügt, um die viel längere Vitalität der Frösche in diesen Gemengen zu erklären, ganz im Einklang mit den Versuchen von Kunkel an Fröschen in N u. CO mit ganz geringem O_2-Gehalt (1) (3). Dass der Frosch in Probe VI bei 0,9% O rascher starb als in Probe V bei 1,2% O erklärt sich eben aus der hypothetischen Wirkung der in V eliminierten schweren Kohlenwasserstoffe.

In dem Typus der Vergiftungserscheinungen stimmen die beiden Parallelversuchsreihen ausgezeichnet zusammen. Auffallend ist die Ähnlichkeit der Erscheinungen in dem reinen Stickstoffversuch, und den beiden von den schweren Kohlenwasserstoffen befreiten Leuchtgas-Gemengen.

Tod in reinem N in 1 Std. 10 Min., in Probe III ebenfalls in 1 Std. 10 Min., da die 8% CO, die in Probe

III als differenter Bestandteil der sonst indifferent O-freien Gase zur Wirkung kommen, beim Frosch noch keinen merklichen Einfluss nehmen, es sei denn das Fehlen des terminalen Streckkrampfes in Versuch III, das ganz mit dem von Kunkel fixierten Bilde der CO-Vergiftung beim Frosch (1) im Einklang steht.

Der Typus der Versuche I, III und V ist gegeben in der charakteristisch hochaufrechten Haltung des Frosches, dem ausgesprochenen Lufthunger und der unregelmässig pausierenden bald flachen, bald tiefen Atmung.

Ebenso zeigten die Versuche II, IV und VI ihrerseits einen typischen Verlauf:

Starkes Augenwischen und Blinzeln, permanenter Schluss der Nickhaut, die schon besprochene platte, zu Boden gedrückte Haltung, eine anfängliche starke Steigerung der Reflextätigkeit, ausgesprochene Krämpfe, die allmählich in Lähmung übergehen; deutliche Muskelsteifigkeit und Starre wurde nur in Versuch VI beobachtet und auch da mit der Wiederbelebung bald schwindend, worauf bei Besprechung späterer Versuche noch zurück zu kommen ist.

Jedenfalls muss geschlossen werden, dass dem Leuchtgas durch die Passage über H_2SO_4 Stoffe entzogen werden, die der Leuchtgasvergiftung beim Frosch einen ganz charakteristischen Stempel aufprägen, und nach deren Fehlen die Leuchtgasvergiftung beim Frosch nur das Bild der reinen Erstickung kombiniert mit einer leichten CO-Vergiftung bietet. Folgern lässt sich dies aus den angeführten Versuchen nur für den Frosch.

Welches sind nun diese Stoffe? —

Die Zusammensetzung des Leuchtgases schwankt je nach der Art der zur Fabrikation verwendeten Kohlen und je nach den Reinigungsprozessen, die es durchmacht.

Als Vergleichszahlen gebe ich aus Muspratt's Chemie V_6 die Zusammensetzung des Leuchtgases aus westfälischer Kohle:

$CO_2 = 1{,}2 - 2{,}4\%$.
$CO = 7{,}2 - 8{,}5\%$.
$CH_4 = 30 - 35\%$.
$N = 1 - 3\%$.
Schwere Kohlenwasserstoffe $= 3{,}2 - 5{,}9\%$.
$H_2 = 47{,}_5 - 50\%$.
$O_2 = 0\%$.

Dann sind darin noch enthalten eine Menge der verschiedenartigsten verunreinigenden Bestandteile, darunter einige von schwerer Giftigkeit, z. B. Blausäure 0,1—0,7 g pro cbm selbst im gereinigten Gas nach Drehschmidt, Schwefelwasserstoff, der im gereinigten Gas selten, Schwefelkohlenstoff, der immer vorhanden ist in Spuren und viele andere Stoffe — doch alle diese gegenüber dem CO in verschwindender Menge.

Absorbiert wird von rauchender Schwefelsäure im Leuchtgas die Gruppe der schweren Kohlenwasserstoffe. Von diesen sprach Stachelin (4) dem Benzol eine markante Wirkung zu. Äthan, Äthylen und Acetylen sind toxikologisch schon isoliert geprüft (11), das Äthan als indifferent, Äthylen und Acethylen nur in stärkeren Konzentrationen als narkotisierend und anästhesierend wirkend erkannt worden.

Es lag nun einfach die Aufgabe so: Entweder aus dem reinen Leuchtgas nur einzelne Stoffe dieser Gruppe der schweren Kohlenwasserstoffe zu eliminieren und zu beobachten, ob und wann die typischen Leuchtgaswirkungen auf Frösche schwanden, oder mit den schon technisch hergestellten reinen Stoffen zu experimentieren, ob sich eine Wirkung erzielen liess, die markante Ähnlichkeit mit der Frosch-Leuchtgasvergiftung aufwiese, um dann diesen Stoff mit einiger Wahrscheinlichkeit als wirksamen Faktor bei der Frosch-Leuchtgasvergiftung anzusprechen.

Zur fraktionierten Elimination dieser Stoffe im Leuchtgas war mir keine praktisch anwendbare Methode bekannt, und so musste ich wie schon Staehelin (4) in seiner Arbeit den zweiten erwähnten Weg einschlagen. Auch hier war es mir nicht möglich, in einer nur irgend wie quantitativ vergleichbaren Art und Weise vorzugehen. Dazu ist erstens das Vorkommen der einzelnen Stoffe der schweren Kohlenwasserstoffgruppe im Leuchtgas prozentuarisch zu schwankend und zum Teil sogar noch garnicht exakt bestimmt, dann fehlte bei der von mir gebrauchten Methode auch jedes quantitativ verwertbare Moment. Ich liess Luft durch eine einige cm hohe Schicht der betreffenden Flüssigkeit streichen, so dass ich wohl annehmen konnte, dass sie mit dem betreffenden Dampf gesättigt war. Dann fing ich diese Luft wie in den ersten Versuchen unter Wasser im Standglas auf und brachte den Frosch hinein. Der Gehalt der Luft an wirksamen Dämpfen hängt bei dieser Versuchsanordnung von mehreren Faktoren ab, die man nur zum Teil in der Hand hat: Von dem mehr oder weniger hoch liegenden Siedepunkt. Es ist klar, dass sich die gleich temperierte Luft mit Benzoldämpfen stärker sättigen wird, das seinen Siedepunkt bei 80,5° hat, als mit Toluol- und Xyloldämpfen, die bei 111° bezw. bei 136—139° sieden, so dass man die Wirkungen nur mit Reserve untereinander vergleichen kann. Weiter kommt in Betracht die Temperatur und die nur schwer konstant zu haltende Geschwindigkeit, mit der die Luft den betreffenden Stoff durchstreicht. Sind nun auch quantitative Vergleichsresultate hieraus nicht zu entnehmen, so doch ganz sicher wertvolle qualitative, zumal wenn man nicht so sehr den mehr oder weniger rasch eintretenden Exitus oder Scheintod als Masstab nimmt, sondern die charakteristische Symptomatologie der erzielten Vergiftung.

Als Scheintod wurde wie in den ersten Versuchen das Stadium bezeichnet, in dem bei völliger Reaktionslosigkeit und Fehlen jeglicher Atmung doch eine deutliche Herztätigkeit noch zu bemerken war. Ich experimentierte wie Staehelin (4) mit Benzol-, Toluol-, Xyloldämpfen, die man wohl als technisch rein ansprechen durfte, ausserdem mit Benzindämpfen, bei denen eine schon technische Verunreinigung vielleicht mit Benzol eher möglich gewesen wäre.

VII.
Frosch in Benzoldampfluft.

11^{40} Frosch kommt unter das Standglas. Lebhafte Unruhe. Starkes Augenwischen mit Pfoten und Nickhaut. Atmung regelmässig. Kopf ganz geduckt am Boden.

11^{50} Schnappende Atembewegungen. Krämpfe der vorderen Extremität u. der Bauchmuskulatur. Macht heftig beissende u. schnappende Krampfbewegungen. Krämpfe auch in den hinteren Extremitäten. Kopf tief an die Boden-Ritze gepresst.

12^{0} Tolles krampfhaftes Springen. Fällt dabei auf den Rücken. Starke Schleim-

VIII.
Frosch in Toluoldampfluft.

11^{40} Frosch kommt unter das Glas. Ebenfalls lebhafte Unruhe und Augenwischen. Dreht sich am Boden im Kreise herum und sucht nach einem Ausweg, liegt mit dem Kopf fest auf den Boden gepresst. Atmung regelmässig.

11^{50} Liegt regungslos flach am Boden.

Atmung ganz flach.

12^{0} Regungslos platt am Boden.

sekretion des Frosches; schlägt bei den Krämpfen das bischen Bodenwasser hoch schaumig. Krämpfe hauptsächlich in d. unteren Extremitäten. Wirft sich zuckend hoch im Glas herum.	
12^{10} Immer noch leichtere Krämpfe. Liegt in den Pausen flach am Boden.	12^{10} Liegt ganz flach am Boden. Zeigt bei genauer Beobachtung leichte Zuckungen der Nackenmuskulatur und des Mylo-Hyoideus.
12^{15} Keine sichtbare Atmung. Regungslos flach am Boden.	12^{15} Leichte Krämpfe am ganzen Körper. Unregelmässig zuckende Atmung.
12^{25} Scheintot. Keine Atmung. Vollkommen reaktionslos. Auf den Rücken gelegt, schwache Herzaktion. Eigentümliche Steifheit des Körpers in der Haltung des flach zu Boden gedrückten Frosches.	12^{30} Scheintot. Reaktionslos. Keine Atmung. Auf den Rücken gelegt, schwache Herzaktion. Körpersteifheit nur angedeutet.
Aus dem Glas herausgenommen.	
2^{30} schwache Herzaktion. Erholt sich bis 5^{h}, indem er wieder ein Stadium der Krämpfe durchmacht.	2^{30} Herzaktion erloschen. Tot.

Obwohl in beiden Versuchen reichlich Sauerstoff entsprechend dem O-Gehalte der Luft zugegen war, waren die Frösche scheintot schon nach 45 bez. 50 Min. gegen-

über 45 Min. und 35 Min. in den Ofreien Leuchtgasversuchen II und IV und gegenüber 1 Std. 20 Min. in dem 0,9 % O haltigen Leuchtgasversuch VI.

IX. Frosch in Toluoldampfluft.	X. Frosch in Xyloldampfluft.	XI. Frosch in Benzindampfluft.
3^{40} In die Gläser gebracht, alle lebhaft, Augenwischen, Kopfvorstecken.		
Springt. Sperrt Maul weit auf. Sehr aufgeregt. Klettert mit starker Anstrengung hoch. Tiefe, krampfhafte Atmung.	Liegt teilnahmslos platt am Boden. Atmung regelmässig, mühsam.	Springt. Atmung schnappend, unregelmässig, Kopf tief an der Bodenritze.
3^{50} Krämpfe in Maul- u. Nackenmuskulatur u. in den vorderen Extremitäten.	3^{50} Atmung lange pausierend.	3^{50} Atmung schnappend. Leichte Krämpfe.
4^{0} Alle regungslos platt am Boden. Kopf geduckt.		
Nickhaut geschlossen. Leichtere Krämpfe.	Augen offen. Lange Atempause.	Krämpfe.
4^{15} Krämpfe stärker.	4^{15} Mühsame Atmung nach langer Pause. Auf Reizung ganz leichte Krämpfe.	4^{15} Ab und zu leichte Krämpfe.
4^{30} Krämpfe lassen nach.		4^{30} Krämpfe lassen nach.
4^{45} Liegt regungslos flach am Boden. Atmung nicht sichtbar. Scheintot.	4^{45} Augen offen. Kopf hoch. Atmung in langen Pausen.	4^{45} Liegt regungslos flach am Boden. Atmung nicht sichtbar. Scheintot.
5^{00} Reaktionslos auf den Rücken gelegt. Herzschlag langsam. Keine Atmung.	5^{00} Beim Umdrehversuch stark reagierend. Herzschlag u. Atmung gut.	5^{00} Reaktionslos auf den Rücken gelegt. Herzschlag rasch. Keine Atmung.
5^{30} Regungslos auf dem Rücken. Atmung 0. Herzschlag langsam.	5^{30} Hat sich wieder auf den Leib umgedreht.	5^{30} Regungslos platt auf d. Rücken. Atmung 0. Herzschlag langsamer

Herausgenommen. Erholt sich bis zum nächsten Tag. Steifheit des Körpers bei der Herausnahme nicht deutlich.	Lebte im Gas noch am nächsten Tage unverändert, reagierend, mit Atmung u. Herzaktion.	Herausgenommen aus d. Gase. Steifheit nicht deutlich. Erholt sich bis zum nächsten Tag.

Ob in der Erholungsperiode von Versuchsfrosch IX und XI auch wieder ähnliche Krämpfe eintraten wie bei der Vergiftung, und wie sie Frosch VII in der Reconvalescenz geboten, konnte leider wegen der Zeit nicht festgestellt werden.

Vergleicht man zunächst die Versuche VII—XI unter sich, so ergiebt sich deutlich eine typische Ähnlichkeit der Symptomatologie, in ihrer Intensität abnehmend mit der Zunahme der Siedepunktshöhe des betreffenden Stoffes, also vom Benzol zum Xylol. Eine Ausnahmestelle nimmt das Benzin ein, insofern nicht entschieden wurde, ob seine abgeschwächte benzolartige Wirkung ihm als Benzin im engsten Sinne eigentümlich ist, oder ob sie von etwaigen Benzolverunreinigungen herrührt, da schon Staehelin (4) anführt, dass die Zugabe einer Spur Benzol zu Petroläther genügt, um deutliche Benzolwirkung i. e. rigor mortis am isolierten Froschmuskel hervorzurufen.

Die Vergiftungserscheinungen bestanden ganz im Einklang mit den Beschreibungen von Santesson (2) in anfänglicher Unruhe, dann Einnahme der schon oben von mir hervorgehobenen typischen. platten Bodenlage, jetzt folgen deutlich ausgeprägte Krämpfe zuerst in Kopf, Nacken und vorderen Extremitäten, dann in den Beinen. Allmählich tritt dann eine Lähmung ein. Die Extremitäten sind später eigentümlich starr und zwar bei meinen Versuchen ausnahmslos in Beugestellung der Extremitäten und platt dem Boden angeklatschter Lage von Rumpf

und Kopf. Diese Starre ist ausgesprochen bei der Benzolvergiftung, weniger im Toluol- und Benzinversuch, und bei den Leuchtgasversuchen wurde sie nur in VI beobachtet.

Der Xyloldampfluftversuch zeigte alle diese Erscheinungen nur andeutungsweise; obwohl bei der Geruchprobe deutlich riechend, enthielt die Luft wohl zu wenig von dem relativ schwer flüchtigen Xylol, um markante Vergiftungserscheinungen hervorzurufen. Von Beyer (5) wurde eine narkotische Giftwirkung des Xylols auf Frösche beobachtet.

Vergleicht man die Benzol-, Toluol-, Xylol-, Benzin-Versuche einerseits mit den reinen Leuchtgasversuchen II, IV und VI andererseits, so ergiebt sich eine deutliche Ähnlichkeit der Erscheinungen, gleiche typische Haltung des Frosches, Krämpfe etc.

Wenn auch quantitativ sicher nichts zu sagen ist, so ist doch die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass beim Frosch dem Benzol und Verwandten eine deutlich den Symptomverlauf bestimmende Rolle in der Leuchtgasvergiftung zukommt. Meine Versuche haben die früheren Untersuchungen von Staehelin nur bestätigen können.

Um eine Vorstellung zu haben von der Wirkung von Benzol etc. Dämpfen auf kleinere warmblütige Tiere, worüber ich in der Literatur nichts in extenso finden konnte, stellte ich einige Versuche mit weissen Mäusen an. Eine geschliffene Glasglocke wurde auf eine Glasplatte gesetzt, zwei seitlich gegenüberliegende Öffnungen dienten zum Ein- und Austritt der Luft, die auf oben beschriebene Weise mit Benzol etc. Dämpfen annähernd gesättigt war.

Von O-Mangel konnte also bei dem permanenten Luftdurchstreichen keine Rede sein, und es war eine reine Benzolwirkung garantiert.

XII

9^{40} Weisse Maus in Benzolluftglocke. Läuft im Kreis. Nach einer Minute sofort heftige klonische Zuckungen. Gas abgestellt. Maus fällt auf den Rücken.

9^{45} Wird herausgenommen. Die heftigen Zuckungen dauern fort. Maus erholt sich allmählich unter andauernd starken Krämpfen bis 10^{15}.

XIII.

10^{0} Weisse Maus in Toluolluftglocke. Sehr aufgeregt. Fällt nach 3 Min. auf den Rücken. Muskelzittern. Läuft schwankend herum in engem Kreis.

10^{5} Stark klonische Krämpfe und Zittern. Starke Augensekretion.

10^{7} Liegt in leichteren Krämpfen auf der Seite. Krampfhafte Atmung. Flöhe springen fort.

10^{12} Fällt mit einigen schnappenden Bewegungen um. Kommt herausgenommen nicht mehr zu sich. Starr zusammen gekrümmt und sofort steif.

XIV.

10^{34} Maus in Benzinluftglocke. Läuft ruhig unter der Glocke. Bewegungen werden etwas zittrig und taumelnd.

10^{36} Atmung wird krampfhaft schnappend. Die Flöhe springen zu Boden.

10^{37} Maus fällt auf den Rücken. Stark klonische Krämpfe. Schnappen.

10^{38} Wird aus dem Gas herausgenommen, erholt sich bis $11^{1}/_{2}$ unter leichteren Krämpfen.

Staehelin (4) hatte beim isolierten Froschmuskel keine Wirkung analog der des Benzols beobachten können,

wenn er ihn in eine Atmosphäre von Luft brachte, die er über erwärmtes Naphthalin streichen liess. Ich brachte eine weisse Maus unter die Glasglocke mit gesichertem freiem Luftzutritt durch 2 seitliche Öffnungen und streute auf die Bodenglasplatte Naphthalin in Substanz. Es war nicht zu bemerken, dass die Maus irgendwie an der Substanz leckte oder davon frass.

XV.

10^{50} Naphthalin-Maus. Läuft ruhig in der Glocke herum.

10^{55} Mühsame Atmung. Zusammengekauert.

11^{0} Augen geschlossen. Leichtes Zittern. Dreht sich im Kreise. Ruckweise Atmung.

11^{10} Starkes Zittern. Starke Augensekretion. Wischt Schnauze.

12^{h} Atmung mühsam. Zusammengekauert. An den Augen eitriges Sekret.

12^{10} Wird herausgenommen. Ganz starr zusammengekrümmt. Augen verklebt. Nase zeigt eitriges Sekret. Atmung stockweise.

1^{h} Immer noch schwer betäubt. Liegt noch

5^{h} um **5**^{h} ganz steif zusammengekrümmt in mühsam zuckender Atmung da. Vollkommen reaktionslos.

6^{h} Exitus.

Sektion ergiebt schwere Schleimhaut-Reizungen. Auf der Lungenpleura einige flache Excrescenzen, wohl älteren Ursprungs.

Um eine annähernd quantitative Vorstellung zu haben von der prozentuarischen Menge des Benzols, das in Versuch XII wirksam war, diene folgende Überschlags-

rechnung. Ich analysierte den Benzoldampfluftstrom, der durch die Glocke geleitet wurde und erhielt eine Absorption in der Pipette nach Hempel mit rauchender Schwefelsäure von **6,4** %. Diese 6,4 % absobiertes Gas bestanden aus Wasserdampf, da die Luft durch eine Wasserdruckflasche herausgedrückt wurde und jedenfalls, da sie schon tagelang über dem Wasserspiegel stand, mit H_2O-Dampf gesättigt war. Ferner bestand das absorbierte Gas aus Benzoldampf infolge der Benzolpassage.

Bei der Temperatur von 20° enthielt die mit H_2O-Dampf gesättigte Luft 17,2 gr Wasser im cbm, dies repräsentiert ein Volumen von rund 21,5 l H_2O-Dampf in 1000 l Luft. Also in 100 ccm Luft **2,15 ccm H_2O-Dampf.**

Das gesamte von der H_2SO_4 absorbierte Gas betrug pro 100 ccm 6,4 ccm, davon laut Rechnung rund 2,2 ccm H_2O-Dampf, restieren also pro Benzoldampf 6,4 ccm – 2,2 ccm = 4,2 ccm.

Die Maus atmete also in Versuch XII eine Luft, die 4,2 % Benzol enthielt.

Auch bei der Vergiftung dieser kleinen Säugetiere fand sich der der Benzolinhalationsvergiftung eigentümliche und schon an den Fröschen beobachtete Symtomkomplex wieder: Aufregung, Schwächezustand, Krämpfe und, bei der Toluol- und Naphthalinmaus wegen der weiter getriebenen Vergiftung deutlich, jene eigentümliche brettharte Starre der kontrahierten Muskulatur, bei Versuch XV sogar bei noch lange fortbestehender stossweiser Atmung.

In ganz genau gleicher Anordnung wie bei Versuch XII prüfte ich dann an einigen weissen Mäusen das Verhalten gegenüber Leuchtgas-Luft-Mischung und gegenüber Kohlenoxyd-Luft-Mischung bei annähernd gleich prozentuarischem Kohlenoxyd-Gehalt.

Bei diesen Mausversuchen erstrebte ich weniger quantitativ exakte Daten zu erhalten, die ich einigen späteren Meerschweinchen-Versuchen in ganz anderer Anordnung vorbehielt, als vielmehr suchte ich genau die Symptome der Vergiftung zu notieren, ob da ein markanter Unterschied bestände, eventuell bei der Leuchtgasvergiftung ein Anklang an die Benzolvergiftung mit ihren typischen Erscheinungen. Die Glocke war wie bei den Versuchen XII, XIII, wenn die Maus hineinkam, absolut lufthaltig, und musste der immerhin zirka 3 l betragende Inhalt erst von dem präparierten Gas-Luft-Gemenge verdrängt werden, damit dieses rein in Wirkung trat. Schliesst dieser Umstand auch ein absolutes Urteil aus, so fällt er doch bei der relativen Vergleichsbetrachtung der einzelnen Versuche untereinander fort und war mir bei den widerstandsschwachen Mäusen insofern erwünscht, als ich hoffte durch dies allmähliche Einwirkenlassen die Symtome detailliert zur Erscheinung zu bringen.

Die Mischung Luft-Leuchtgas wurde in einem besonderen Gasometer, aus dem vorher analytisch bekannten CO-Gehalt des Leuchtgases von 8,4 % berechnet, direkt vor dem Versuch angesetzt.

Das CO zum Luft-CO-Versuch war aus Oxalsäure und konzent. Schwefelsäure hergestellt und durch Chlorcalcium und doppelte Ätzkali-Passage gereinigt worden, enthielt analytisch 67 % reines CO, 8 % CO_2 und 25 % Luft. Es wurde selbstverständlich nur der Prozentgehalt an reinem CO bei der Mischungsberechnung in Betracht gezogen. Wo bei den einzelnen Versuchen die berechnete Gas-Luft-Mischung noch besonders analytisch nachgeprüft wurde, ist es angegeben. Es wurde versucht, das Gas mit möglichst gleicher Geschwindigkeit bei den einzelnen Versuchen durch die Glocke streichen zu lassen, was natürlich immer nur ganz annähernd möglich war.

XVI.

Weisse Maus. Kohlenoxyd-Luft-Gemenge.

CO Gehalt 0,7 %.

5^{5} Gaszuleitung beginnt. Die Maus macht schnappende Bewegungen. Läuft herum.

5^{10} Fällt mit den Hinterbeinen um. Liegt flach am Boden. Rasche Atmung. Kann sich nicht mehr aufrichten, nicht laufen.

5^{15} Kurze Aufregung. Liegt dann halb auf der Seite am Boden. Augen weit offen.

5^{25} Liegt unverändert. Reagiert auf Klopfen ans Glas, doch vermag sie nicht mehr sich aufzurichten und zu laufen. Atmung mühsam. Einige tief schnappende Atemzüge.

5^{30} Wird aufgeregt, strampelt, vermag aber nicht mehr aufrecht zu laufen, sinkt zusammen. An- und abschwellende Atmung in der Art des Cheyne-Stockes-'schen Atmungsphänomens. Hintere Extremitäten gelähmt. Hinterbeine in Grätsch-Stellung nachgeschleift.

5^{35} Vermag bei Klopfen ans Glas nur Kopf und Schwanz ein bischen zu heben. Flöhe springen von ihr fort.

5^{45} Lähmung an allen Extremitäten deutlich ausgesprochen, jetzt auch vorne. Es fehlt auch jede Andeutung von Krämpfen. Maus liegt platt auf dem Leib, alle 4 Extremitäten breit fortgestreckt. Ohren, Schwanz und Pfoten mit hellrötl. Blut gefüllt.

5^{50} Atmung lange pausierend. Heftige Erstickungskrämpfe, total Art verschieden von denen der Benzolvergiftung. Rasch schlagend nach allen Richtungen, besonders mit den Hinterbeinen. Schnappende Atmung. Abgang von Urin und Kot. Zittern der Extremitäten, Zehen, des ganzen Körpers.

5 55 Herausgenommen. Tot. Ganz weich. Nicht zusammengekrümmt.

XVII.

Weisse Maus. Luft-Kohlenoxyd-Mischung.

Gasanalyse ergiebt: $CO_2 = 1{,}5\,\%$. $O = 19{,}9\,\%$

In Cu_2Cl_2 absorb. **CO = 1,5 %.**

11 40 Gaszuströmung beginnt. Maus läuft ruhig herum. Sucht an der Glocke hoch zu klettern. Springt.

11 50 Läuft aufrecht herum. Springt. Macht einige schnappende Bewegungen. Wird unsicher in den Hinterbeinen. Fällt auf die Seite. Läuft. Fällt auf den Rücken.

11 52 Schnappende Atmung. Erstickungskrämpfe, besonders in den Hinterbeinen. Streckkrampf. Schnappen. Abgang von Samen.

Herausgenommen. Tot. Ganz weich.

XVIII.

Weisse Maus in Leuchtgas-Luftgemenge.

Circa 2 % CO.

6 40 Maus in die Glocke. Zuleitung beginnt. Maus ganz ruhig.

Wird aufgeregt. Schnappende Atmung.

6 45 Schleudernde Erstickungskrämpfe, sehr heftig. Abgang von Sperma und Kot.

XIX.

Weisse Maus in Leuchtgas-Luftgemenge.

0,8 % CO.

7 7 Gaszuleitung beginnt. Ganz ruhig, rasche Atmung.

7 12 Sitzt unbeweglich in rascher Atmung. Wird schwach, will fortlaufen.

7^{20} Atmung unregelmässig. Fährt beim Klopfen ans Glas zusammen. Versucht herumzulaufen. Schwäche in den Hinterbeinen. Zusammengekauerte Lage, nicht platt am Boden.

7^{30} Zittern des Körpers. Schwere, langsam werdende Atmung. Krämpfe hinten. — Ruhig. — Krämpfe — fällt auf den Rücken. — Erstickungskrämpfe — Schnappen. Zitternder Streckkrampf. Flimmerzittern

7^{35} der Extremitäten und des Schwanzes. Tot. Herausgenommen ist die Maus ganz weich.

XX.

Weisse Maus in Leuchtgas-Luftgemenge.

Analyse des Gasometerinhalts ergibt:

CO_2 = 1,6 %, schwere

Kohlenwasserstoffe = 0,1 %, O = 20,3 %, CO = 0,2 %.

11^{57} Zuströmung beginnt. Maus läuft lebhaft herum. Klettert hoch. Dreht sich im Kreis.

12^{h} Schnuppert in der Luft. Richtet sich hoch auf. Springt an die Decke.

12^{15} Sitzt zusammengekauert am Boden. Richtet sich auf Anklopfen auf. Springt in die Höhe. Atmung schnappend.

12^{20} Wird schwach im Laufen. Hinterbeine in Grätschstellung nachgeschleift. Reagiert nur schwach auf Klopfen ans Glas.

12^{25} Mit dem Leibe liegt sie dem Boden angeklatscht. Versucht zu springen, fällt auf die Seite.

12^{30} Reagiert nicht mehr auf Anklopfen. Mühsame Atmung. Zusammengesunken.

12^{35} Hinterbeine gelähmt. Flöhe gehen fort.

12^{50} Zustand unverändert. Stützt sich nur noch auf die Vorderbeine.

1^{10} Erstickungskrämpfe. Tot. Weich.

XXI.

Weisse Maus in Leuchtgas-Luftgemenge.

Probe-Analyse aus dem Gasometer ergibt: $CO_2 = 0{,}7\,\%$, schwere Kohlenwasserstoffe $= 0{,}6\,\%$, $O = 20{,}4\,\%$ (es wurde reiner O zugefügt), $CO = 1{,}6\,\%$.

4^{9} Gaszuleitung beginnt. Maus läuft. Springt hoch an die Decke.

4^{13} Sitzt zusammengekauert. Atmung mühsam. Reagiert auf Klopfen. Springt hoch.

4^{15} Liegt platt am Boden. Schwäche in den Hinterbeinen. Zuckt beim Anklopfen. Hinterbeine gespreizt in Grätschstellung.

4^{25} Fährt auf Anklopfen heftig zusammen. Zuckt mit den Ohren.

4^{30} Liegt mit ausgespreizten Extremitäten da. Mühsame Atmung. Zuckt nur leise beim Anklopfen. Hinterbeine vollkommen gelähmt.

4^{40} Erstickungskrämpfe, liegt zuckend atmend auf der Seite.

4^{47} Zittern der Extremitäten. Kot- und Samenabgang. Schnappen. Tot. Weich.

Bei der Kritik dieser Versuche möchte ich nochmals erwähnen, dass bei dieser Versuchsanordnung aus der verschiedenen Grösse des prozentuarischen CO-Gehaltes und dem mehr oder weniger raschen Eintritt des Todes nichts gefolgert werden kann, wegen der Inkonstanz der sonst noch mitsprechenden Faktoren. Eindeutige Resultate ergibt hier nur die Betrachtung des Symptomverlaufs, und da war zwischen der Leuchtgasvergiftung und der entsprechenden Kohlenoxydvergiftung kein markanter Symptomunterschied zu beobachten. Das Bild war ganz einheitlich das des Erstickungstodes mit den terminalen schleudernden Krämpfen und dem fast konstanten Abgang

von Kot, Harn und Sperma. Frappierend war bei all diesen Versuchen die relativ frühzeitig einsetzende Lähmung der hinteren Extremitäten bei noch leistungsfähigen Vorderbeinen, sodass die Mäuse manchmal die in Grätschstellung gespreizten Beine beim Kriechen nachschleiften.

An das so charakteristische, oben besprochene Bild der Benzolvergiftung bei Mäusen erinnerten keine Züge. Es fehlten bei den Leuchtgasvergiftungen vollkommen jene initialen Krämpfe, bei denen mehr der Flexionscharakter hervortritt im Gegensatz zu den terminalen, schleudernden Extensionskrämpfen der Leuchtgas- und Kohlenoxyderstickung. Als weiterer gravierender Unterschied gegenüber der Benzol- etc. Vergiftung sei erwähnt, dass der Körper unmittelbar nach dem Tode nie steif, nie kontrahiert, sondern immer weich und sogar meist in Extensionsstellung gefunden wurde.

Das prämortale Fortspringen der Flöhe vom Tierkörper, das Angelo Mosso (6) aus einer spezifischen Wirkung des Kohlenoxyds auf diese Insekten erklärt, möchte ich eher erklären als ein Zeichen ihrer exquisit parasitischen Natur, dass schon die geringsten agonalen Änderungen im Körper ihres Wirtes hinreichen, diesen als Nährgegenstand unbrauchbar zu machen; denn dieses Entfliehen der Flöhe fand sich auch ebenso ausgesprochen bei der Benzol- etc. Vergiftung. Recht gut war bei der Maus in Kohlenoxyd-Versuch XVI. das periodische An- und Abschwellen der Atmung zu beobachten, worüber Bernheim (7) und jüngst Angelo Mosso berichtete (6), entsprechend dem Cheyne-Stockes'schen Atmungsphänomen.

Zusammenfassend muss ich sagen, dass, so ausgesprochen bei Fröschen der Unterschied zwischen CO-Vergiftung und Leuchtgasvergiftung in der Symptomatologie ist, bei Mäusen diese beiden Vergiftungen den

gleichen Symptomkomplex boten. Dies dürfte wohl nicht so sehr seinen Grund haben in einer Unempfindlichkeit der Mäuse gegenüber den schweren Kohlenwasserstoffen, als in der relativen Unempfindlichkeit der Frösche gegenüber dem Kohlenoxyd und der hohen Empfindlichkeit der Mäuse dagegen.

Bei dem Fehlen eines deutlichen Symptomunterschiedes zwischen Kohlenoxyd- und Leuchtgasvergiftung beim Warmblüter suchte ich nun einige auch quantitativ exakte Versuche anzustellen mit Meerschweinchen, um zu konstatieren, ob eventuell ein Unterchied in der Intensität der Wirkung nachzuweisen sei.

Dazu bediente ich mich eines genau 140 l Inhalt fassenden Kastens aus Eisenblech ohne Boden. Zwei Breitseiten bestanden aus luftdicht eingekitteten Glasscheiben. Die Eisenseiten waren gasdicht genietet und verschmiert. Der Kasten wurde mit dem fehlenden Bodenteil auf eine Blechunterlage gestellt, an der ein ringsum wallartig laufender Wasserkanal den hineintauchenden Seitenteilen als luftdichter Wasserverschluss diente. Das betreffende Tier wurde vorher auf die Unterlage gesetzt. An zwei gegenüberliegenden Seiten war je ein Einlass- und Auslasshahn angebracht. Die dritte Seitenwand war durchbohrt von der 15 cm langen Doppelröhrenachse eines innen befindlichen Windrades zur Gasmischung. Die Friktion lag zwischen den in einander geschobenen Röhren, die grosse Reibungsfläche war absolut sicher mit Fett gedichtet. Jede freiwillige Ventilation war ausgeschlossen. Eine Probefüllung des Kastens mit fast reinem 0,2 % O-haltigen Leuchtgas ergab durch Probeanalysen während $1^1/_2$ Tagen ein Konstantbleiben des Sauerstoffgehaltes von O 2 %.

Das betreffende Gas wurde bei geöffneten 2 Ventilen vorsichtig oben eingeleitet, so dass es nur den oberen

Kastenraum einnahm, dann beide Ventile geschlossen, energisch mit dem Windrad gemischt, und so das Tier ziemlich plötzlich der Einwirkung der betreffenden Versuchsatmosphäre unterworfen. Der gewünschte Gehalt an dem betreffenden aktiven Gas ergab sich genau aus Berechnung, da der Kasteninhalt bekannt war und z. B. das Leuchtgas genau vorher analysiert wurde.

Es enthielt am 21. 6. 05:

CO_2	1,51 %
O	0,12 %
schwere Kohlenwasserstoffe	3,7 %
CO	8,4 %

Der Kohlenoxydgehalt wurde bestimmt durch mehrfache Absorption in der salzsauren Kupferchlosürpipette nach Hempel.

Es ergab sich also bei der Einleitung von 2 l Leuchtgas, id est 168 ccm CO, ein Gehalt der 140 l Kastenluft von

0,12 % CO
0,05 % schweren Kohlenwasserstoffen.

XXII.

Ausgewachsenes männliches Meerschweinchen.

138 l Luft + 2 l Leuchtgas = **Atmosphäre von 0,12 % CO schweren Kohlenwasserstoffen = 0,05 %.**

5^{55} Gas wird in den Kasten geleitet.

5^{57} Gas wird mit dem Windrad gemischt. Tier blinzelt mit den Augen.

6^{25} Sitzt ganz ruhig. Reagiert lebhaft auf Anklopfen.

6^{30} Atmung wird allmählich deutlich mühsamer.

6^{55} Atmung mühsam. Sitzt unverändert. Leicht soporös.

Mangels eines deutlichen Effekts bei dieser Konzentration des CO wird der Versuch abgebrochen. Tier herausgenommen, fast normal frisch.

XXIII.

Ausgewachsenes männliches Meerschweinchen.

137 l Luft + 3 l Leuchtgas = **Atmosphäre** von 0,18% **CO**
schwere Kohlenwasserstoffe = 0,08%.

9[50] Gas wird eingeleitet
9[57] und mit dem Windrad vermischt.
10[5] Leichtes Zittern des Meerschweinchens. Atemzüge pro Minute 72. Schrickt auf Anklopfen zusammen.
10[15] Zittern wird stärker. Atemzüge 76 pro Minute.
10[20] Sitzt mit gespreizten Pfoten. Atmung deutlich mühsam.
10[25] Uriniert. Sitzt dann ganz zusammengekauert. Macht mit dem Kopf zuckende Bewegungen. Sinkt etwas auf die Seite.
10[30] Fällt auf die Seite. Hinterbeine schwach. Fällt beim Laufen. Sitzt ganz zusammengekauert.
10[37] Kriecht schwankend. Fällt hinten um. Reagiert noch mit den Ohren auf Anklopfen.
10[40] Schüttelt sich. Fällt um. Reibt mit der Schnauze an den Vorderpfoten und am Boden. Liegt auf der Seite. Atmung mühsam, 72 pro Minute. Richtet sich schwankend auf.
10[50] Schnappen. Krampfhafte Zwergfellkontraktion. Schüttelt sich heftig. Fällt auf den Rücken. Richtet sich auf.
11[h] Wischt mit der Schnauze am Boden. Vorderbeine relativ gut. Hinterbeine gelähmt. Reagiert mit den Ohren auf Klopfen. Sitzt dann zusammengekauert.
11[10] Schüttelt sich. Schwankt. Liegt halb auf der Seite. Kauert sich wieder in die Ecke. Atmung 64 pro Minute.
11[20] Schluckt. Wischt mit der Schnauze am Boden. Schwankt.

11 30 Reagiert lebhaft mit den Ohren und durch Zusammenzucken auf Anklopfen.

11 35 Zusammengekauert. Reagiert auf Klopfen. Wischt mit der Schnauze am Boden. Fällt mit dem Hinterleib um. Strampelt mit den Vorderbeinen. Hinterbeine gelähmt. Abgang von Kot.

11 45 Sitzt wieder zusammengekauert auf der Bauchseite. Schüttelt sich. Liegt auf der Seite.

11 55 Reagiert immer noch mit den Ohren auf Anklopfen.

12 20 Unverändert. Wird herausgenommen. Kann nicht laufen. Rollt immer herum. Hinten gelähmt. Erhebt sich vollkommen bis zum Abend.

XXIV.

Weibliches kleines Meerschweinchen, jung.

135 l Luft + 5 l Leuchtgas = **Atmosphäre von 0,3% C O schwere Kohlenwasserstoffe 0,14%.**

4 37 Gaseinleitung beginnt.

4 40 Mit dem Windrad gemischt. Tier schliesst die Augen. Ruckweise Atmung. Tier lebhaft.

4 45 Wischt die Schnauze.

4 48 Schwankt u. fällt um. Grätschstellung der Hinterbeine.

4 53 Atmung sehr rasch. Fällt auf den Rücken. Schleuderkrämpfe.

Wird herausgenommen. Unbeweglich und betäubt. Erholt sich völlig bis zum Abend.

XXV.

Weibliches grosses Meerschweinchen.

135 l Luft + 5 l Leuchtgas, das geruchlos und frei von den schweren Kohlenwasserstoffen ist. Atmosphäre enthält 0,3% C O.

5 42 Einleitung des Gases beginnt.

5 44 Mischung mit dem Windrad.

5 45 Tier reagiert ängstlich auf Klopfen. Lässt Kot und Harn.
5 50 Atmung mühsam. 78 pro Minute.
5 55 Schwäche in den Hinterbeinen.
6 h Hockt in die Ecke gelehnt. Kriecht, Hinterbeine in Grätschstellung nachschleifend.
6 10 Reagiert auf Klopfen. Schwankt stark. Hinterbeine gelähmt und weggespreizt.
6 15 Stellung unverändert. Atmung sehr mühsam.
6 20 Reagiert auf Klopfen.
6 30 Sehr mühsame Atmung. Ganz in die Ecke gelehnt. Putzt schwankend die Schnauze. Schüttelt sich.
6 42 Kauert schwach ganz in der Ecke. Reagiert mit den Ohren auf Klopfen. Hinterbeine gelähmt.
6 46 Schnauft tief. Wischt mit der Schnauze am Boden.
6 50 Schüttelt sich, liegt platt am Boden.
7 h Liegt ganz inert am Boden. Reagiert nur mit den Ohren und nur auf Geräusche.
7 10 Liegt immer noch in der Ecke.
7 15 Schwankt, wenn bewegt. Hebt schwach den Kopf,
7 18 dann ganz betäubt.
7 20 Versuch wird abgebrochen. Das Tier zeigt sich herausgenommen an den hinteren Extremitäten gelähmt, sonst sehr schwach. Rollt auf dem Boden. Erholt sich in einigen Stunden.

XXVI.

Erwachsenes weibliches Meerschweinchen.
135 l Luft + 5 l Leuchtgas, das von den schweren Kohlenwasserstoffen befreit und geruchlos ist. Atmosphäre enthält 0,3 % CO.

11 57 Gaszuleitung beginnt.
12 h Mischung mit dem Windrad.
12 5 Das Tier hockt in der Ecke. Kopf hoch aufgerichtet.

Mühsame Atmung: 80 pro Minute. Reagiert auf Klopfen.

12 10 Schnappt ein paarmal. Schwankt.

12 12 Fällt um und wälzt sich heftig am Boden.

12 14 Schüttelt sich. Abgang von Kot. Hinten gelähmt.

12 20 Zuckende Atmung. Liegt wieder auf dem Leib. Reagiert mit den Ohren auf Klopfen. Bewegt den Kopf.

12 25 Schüttelt sich. In den Vorderbeinen noch relativ kräftig, hinten gelähmt.

12 30 Schwach betäubt. Herausgenommen, kann nicht laufen. Erholt sich bis zum Nachmittag.

XXVII.

Kräftiges weibliches Meerschweinchen.

134 1/2 l Luft + 5 1/2 l Leuchtgas. Atmosphäre enthält 0,33 % CO und 0,15 % schwere Kohlenwasserstoffe.

1 7 Gaszuleitung beginnt.

1 10 Mischung mit dem Windrad.
Tier zittert, mühsame Atmung.

1 22 Abgang von Harn und Kot. Tier dreht sich um. Hinterbeine werden schwach.

1 25 Schwankt und fällt um. Legt sich wieder auf den Leib. Wischt mit der Schnauze am Boden.

1 30 Läuft hastig. Fällt um. Deutlich wälzende ausserordentlich heftige, krampfartige Bewegungen, um das Gleichgewicht der Lage wieder zu erlangen. Dreht sich dann wieder auf den Leib zurück. Lähmung der Hinterbeine und Grätschstellung. Cheyne-Stockes'sches Atmungsphänomen.

1 35 Es wird reines Leuchtgas in konstantem Strom zugeleitet.

1 47 Tier liegt ganz auf der Seite. Schüttelt sich.

1 ^{50} Reagiert nicht mehr auf Anklopfen. Gas abgestellt. Tier herausgenommen, zeigt sich schwer betäubt. Erholt sich langsam, doch vollkommen bis zum nächsten Tag.

Bei der Beurteilung dieser Leuchtgasversuche an Meerschweinchen, die unter Innehaltung der strengsten Kautelen zur Garantie eines quantitativ gültigen Urteils angestellt wurden, ist als modifizierender Faktor hauptsächlich der Unterschied der individuellen Reaktion der einzelnen Tiere in Betracht zu ziehen. Die Symptomatologie war in allen Versuchen, auch in denen mit von schweren Kohlenwasserstoffen befreitem Leuchtgas, die gleiche und entsprach ganz dem bei den Leuchtgas- und Kohlenoxydversuchen mit weissen Mäusen beschriebenen Bilde mit der typischen in den Hinterbeinen so früh eintretenden Schwäche und Lähmung, die das Einnehmen der Grätsch-Stellung bedingen. Dasselbe Meerschweinchen wurde bei diesen Versuchen nie zweimal benutzt.

Von quantitativen Parallel-Versuchen mit Leuchtgas und reinem Kohlenoxyd bei Säugern vermochte ich in der Literatur nur die Arbeiten von Biefel und Poleck (8) und die erwähnte Arbeit von Vahlen und Ferchland aufzufinden.

Unter der grösseren Literatur der mit reinem Kohlenoxyd angestellten quantitativen Versuche an Warmblütern sind an erster Stelle die Arbeiten von Gréhant (9) und von Gruber zu nennen (10).

Von allen diesen hierbei angewandten Methoden und Apparatbeschreibungen scheint mir ganz exakte quantitative Resultate wohl nur die Versuchsanordnung von Gruber zu verbürgen. Er fand für Kaninchen Eintritt des Exitus in 30—60 Minuten bei 0,4 % CO in der Versuchsatmosphäre; 0,4—0,2 % wirkte nur betäubend,

bei 0,2 % CO vermochte er auch bei langer Einwirkung selbst diese Wirkung nicht mehr hervorzurufen.

Ziemlich entsprechend vermochte ich im Leuchtgas-Versuch XXII bei 0,12 % CO nur eine ganz leichte Einwirkung auf den Atmungstypus festzustellen. In Versuch XXIII bei 0,18 % CO erzielte ich auch keine Betäubung, doch deutliche Lähmungssymtome mit typischer Bevorzugung der hinteren Extremitäten. In Versuch XXIV, XXV, XXVI mit je 0,3 % CO-Gehalt erzielte ich nach 16 Min., nach 1 Std. 32 Min. und nach 33 Min. eine Betäubung; die typische Lähmungshaltung der Hinterbeine trat schon auf nach 11 Min., 28 Min. und 17 Min. Hierbei ergab sich deutlich für die Zeitdauer bis zur Betäubung, weniger ausgesprochen bis zum Eintritt der Lähmung, eine Differenz zwischen dem reinen Leuchtgas-Versuch XXIV und den Versuchen XXV und XXVI, in denen die schweren Kohlenwasserstoffe durch die oben beschriebene Schwefelsäure etc. Passage eliminiert worden waren. Ich möchte diesen Unterschied besonders notieren, doch kann ich nicht die Folgerung einer intensiveren Wirkung des schweren kohlenwasserstoffhaltigen Leuchtgases daraus ziehen, da die individuellen Differenzen der Versuchsmeerschweinchen vielleicht diesen immerhin ganz geringen Unterschied bedingen, zumal ich das Eintreten der Lähmung für einen wichtigeren Vergiftungsabschnitt halte, als das Schwinden der Totalbeweglichkeit und des inkonstanten Ohrreflexes als Zeichen der Betäubung. In Versuch XXIV handelte es sich um ein jüngeres, in Versuch XXV, XXVI um ausgewachsene Tiere. Auch trat in Versuch XXVII, wo ein ausgewachsenes Tier vorlag, und sogar 0,33 % CO und 0,15 % schwere Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre waren, die Lähmung der Hinterbeine erst nach 28 Min. ein, Betäubung wurde erst nach 40 Min. konstatiert,

nachdem schon ein unkontrollierbarer Überschuss an Leuchtgas zugeführt worden war.

Es waren bei diesem letzten Versuch als Maximum von allen reinen Leuchtgasversuchen an Meerschweinchen 0,15 % schwere Kohlenwasserstoffe in der Atmosphäre und hiervon bildet das Benzol doch nur einen ganz kleinen Bruchteil, so dass es mir trotz der hohen Giftigkeit des Benzoldampfs nicht absolut zwingend erscheint, eine ausgesprochen intensivere Wirkung des reinen Leuchtgases gegenüber dem von den schweren Kohlenwasserstoffen befreiten bei Konzentrationen wie in vorliegenden Versuchen anzunehmen.

Dass Benzoldampf auch auf relativ Gift widerstandsfähige Warmblüter wie Meerschweinchen hoch giftig wirkt, beweist folgender Versuch. Es sei noch einmal bemerkt, dass ich in der Literatur keine Inhalations-Versuche mit Benzol bei Warmblütern verzeichnet fand.

Wie oben in Überschlagsrechnung ausgeführt, bediente ich mich einer Benzoldampfluft von zirka 4,2 % Benzolgehalt. Davon wurden 14 l in ein Gasometer gefüllt, und diese 14 l in die 140 l Kasteninhaltsluft geleitet und vermischt, ganz analog den oben beschriebenen Leuchtgasversuchen. Die Atmosphäre im Kasten enthielt dann 14 l Benzolluft à 4,2 % Benzol auf 140 l Luft = 0,42 % Benzol.

XXVIII.

Junges Meerschweinchen in Benzolluft von 0,42 % Benzol.

(126 l Luft + 14 l Benzolluft von 4,2 % Benzol.)

3^{54} Gas zugeleitet.

4^{h} Mit dem Windrad gemischt.

Tier zittert. Sitzt in eine Ecke gekauert. Reagiert sehr stark zusammenfahrend auf Klopfen.

4^{10} Erhöhte Reflexerregbarkeit. Starkes Zittern und zuckende Reaktion auf Klopfen.

4^{20} Starke Krämpfe der Nackenmuskulatur, und an Vorder- und Hinterbeinen.

4^{25} Krämpfe ausserordentlich lebhaft.

Herausgenommen, dauern die heftigen Krämpfe an. Das Tier erholt sich ganz langsam bis zum Abend, indem die Krämpfe zum Zittern werden und allmählich schwinden.

Der Versuch zeigt ganz deutlich das typische Bild der Benzolinhalationsvergiftung, wie es oben die Frosch- und Mäuseexperimente geboten hatten.

Um es aber in Beziehung zur Leuchtgasvergiftung zu bringen, muss man sich gewärtig halten, dass dort das Benzol in 10—100 fach geringerem Prozentsatz zur Wirkung kommt.

Zur bestmöglichen Beseitigung der individuellen Reaktionsschwankungen als störendem Faktor stellte ich noch einige abschliessende Parallel-Versuche: Leuchtgas = schwere kohlenwasserstoffefreies Leuchtgas, Leuchtgas = Kohlenoxyd, und Leuchtgas = Kohlenoxyd + Spur Benzoldampf an, und zwar mit jungen Katzen als prompter reagierend, je gleichen Geschlechts und von demselben Wurf zu den korrespondierenden Versuchen.

XXIX.

Junge schwarze Katze, männlich.

136 l Luft + 5 l Leuchtgas = Atmosphäre von 0,3 % CO und 0,14 % schweren Kohlenwasserstoffen.

9^{h} Gaszuleitung beginnt.

9^{5} Mit dem Windrad gemischt. Katze läuft herum. Sitzt dann zusammengekauert am Boden.

9^{10} Katze zittert. Rührt sich nicht vom Fleck. Miaut dann oftmals. Läuft herum, ganz geduckt und

schwach. Miaut immerzu. Mühsame hatzende Atmung.

9^{15} Fällt um. Urin geht ab im Strahl und der Kot. Maul weit aufgesperrt und Zunge herausgestreckt. Jagende Atmung, dazwischen Schnappen und einige tiefe Züge.

9^{20} Reagiert nicht auf Klopfen.

9^{30} Liegt unverändert. Cheyne-Stocke'sches Atmen.

Wird herausgenommen. Vollkommen betäubt. Erholt sich allmählich. Erbrechen.

XXX.

Junge schwarze Katze, männlich.

135 l Luft + 5 l Leuchtgas, das geruchlos und frei von den schweren Kohlenwasserstoffen ist. Atmosphäre enthält 0,3 % C O.

Das Leuchtgas erwies sich kontroll-analytisch als vollkommen frei von durch rauchende $H_2 SO_4$ absorbierbaren Substanzen.

10^{46} Gas eingeleitet.

10^{49} Mit dem Windrad vermischt. Katze zittert. Miaut. Klettert herum. Macht einen Buckel.

10^{55} Fängt an zu schwanken. Legt sich hin. Sekretion aus Nase und Maul.

10^{57} Abgang von Kot. Fällt um auf die Seite. Jagende Atmung. Abgang von Urin.

11^{h} Maul weit aufgesperrt. Liegt ganz auf der Seite, Extremitäten weit fortgestreckt. Cleyne-Stockes'sches Atmen. Langgezogenes Miauen.

11^{6} Reagiert nicht auf Klopfen.

11^{12} Herausgenommen. Ganz betäubt und inert. Erholt sich langsam bis zum Nachmittag.

In diesem Parallelversuch XXIX, XXX waren die beiden Tiere in der gleichen Symptomenreihe nach

25 resp. 23 Min. betäubt und fielen schon nach 10 resp. 11 Min. um, unter Abgang von Kot und Harn. Leuchtgas und schwere Kohlenwasserstoffe freies Leuchtgas wiesen keinen Unterschied der Wirkung auf.

XXXI.

Junge graue Katze.

134 l Luft + 6 l Leuchtgas. Atmosphäre enthält 0,36 % C O und 0,17 % schwere Kohlenwasserstoffe.

5^{21} Gaszuleitung beginnt.

5^{25} Mischung mit dem Windrad. Katze erst sehr wild. Sitzt dann ruhig in der Ecke. Atmung mühsam. Kriecht unsicher.

5^{33} Fällt um. Abgang von Kot und Harn. Cheyne-Streckes'sches Atmen.

5^{40} Herausgenommen. Vollkommen betäubt. Zunge weit heraushängend. Erholt sich bis zum Abend.

XXXII.

Junge graue Katze.

Luft + C O, C O = 0,36 %

Das aus Oxalsäuere bereitete und durch Chlorcalcium und Ätzkalipassage gereinigte Kohlenoxyd enthielt analysiert nach Hempel.

in K O H	absorbierbar	5,99 % = $C O_2$
„ Phosphorpipette	„	9,63 % = O_2
„ Cu_2 Cl_2 Pipette	„	74,31 % = G O

Also 679 ccm dargestelltes C O = 504 ccm reines Kohlenoxyd. Dies zu in Toto 6 l Luft gab im Gasometer ein Gasgemenge von 8,4 % C O, entsprechend dem Gehalt des Leuchtgases an C O. Diese 6 l künstliches Gas + 134 l Kastenluft ergaben eine Versuchsatmosphäre von 0,36 % C O.

10^{25} Gaszuleitung beginnt.

10^{29} Mit dem Windrad gemischt.

10^{30} Katze läuft ruhig herum. Sitzt dann zusammengekauert und zitternd da. Mühsame Atmung. Katze miaut kläglich. Kriecht rückwärts. Geht ganz schwach und geduckt.

10^{35} Schwankt.

10^{37} Fällt um. Maul weit auf.
Cheyne-Stockesches Atmen. Reagiert nicht auf Geräusch.

10^{39} Abgang von Urin. Liegt wie schlafend auf der Seite. Miaut manchmal schwach.

10^{40} Herausgenommen. Ganz inert und betäubt. Erholt sich bis zum Nachmittag.

Auch in diesen beiden entsprechenden Versuchen an Katzen des gleichen Wurfs liess sich keine Verschiedenheit nachweisen. Leuchtgas sowie reines Kohlenoxyd liessen die Katzen nach zirka 8 Minuten umfallen, beide zeigten sich beim Herausnehmen nach 15 bezw. 20 Minuten vollkommen betäubt.

Die beiden folgenden Versuchsreihen wurden mit den gleichen Katzenpaaren vorgenommen, nachdem die Tiere sich 3 Tage bei reichlicher Kost vollkommen erholt hatten.

XXXIII.

Junge, schwarze Katze, männlich.

134 l Luft + 6 l Leuchtgas. Atmosphäre von 0,36 % C O, 0,17 % schwere Kohlenwasserstoffe.

10^{10} Gas wird eingeleitet.

10^{13} Mit dem Windrad gemischt. Katze zittert leicht, klettert im Kasten herum. Miaut kläglich und langgezogen. Sitzt dann ganz still.

10^{20} Schwankt mit ganz gespreizten Beinen. Mühsame Atmung.

10^{23} Abgang von Urin und Kot. Fällt um. Maul weit auf. Speichelfluss. Cheyne-Stockes'sche Atmung.

10^{29} Kann noch den Kopf heben.

10^{33} Liegt ganz betäubt da.

11^{h} Unverändert. Schwer betäubt. Wird herausgenommen. Körper vollkommen inert und schlaff.

Die folgenden zwei Kohlenoxydversuche wurden in der Weise angestellt, dass das analytisch noch 74 % reines C O enthaltende aus Oxalsäure hergestellte Kohlenoxyd ganz entsprechend wie oben im Gasometer mit 6 l Luft zu einer 8,4 % C O haltigen Kohlenoxydluft angesetzt wurde.

XXXIV.

Junge, schwarze Katze,

männlich, des gleichen Wurfs wie Katze XXXIII und

Junge, graue Katze,

des gleichen Wurfs wie Katze XXXV

in 134 l Luft + 6 l Kohlenoxydluft v. 8,4 % = Kastenatmosphäre von 0,36 % C O.

11^{13} Gaszuleitung beginnt.

11^{17} Mischung durch das Windrad. Beide Katzen sitzen zusammengekauert in der Ecke. Schwarze Katze miaut.

11^{25} Beide mühsame Atmung und Speichelfluss. Schwarze Katze schwankt.

11^{26} Graue Katze fällt um. Abgang von Urin.

11^{27} Schwarze Katze fällt um. Abgang von Urin. Bei beiden Cheyne-Stockes'sche Atmung.

11^{42} Beide total betäubt. Werden herausgenommen.

Für den folgenden Versuch wurden zu den 6 l Luft-Kohlenoxyd von 8,4 % C O noch 3,4 l mit Benzoldampf

gesättigte Luft gegeben. Diese enthielt, wie oben ausgeführt, ca. 4,2 % Benzol. Also 3,4×42 ccm = 140 ccm Benzol auf 140 l Kastenluft = 0,1 % Benzol waren dann im Kasten.

XXXV.

Junge, graue Katze.

Kohlenoxydluft + Benzolluft. Atmosphäre im Kasten enthielt 0,36 % CO und 0,1 % Benzol.

11[50] Gas wird eingeleitet.

11[53] Mit dem Windrad gemischt. Katze sitzt zusammengekauert in der Ecke und miaut kläglich.

12[01] Schwankt und fällt um. Abgang von Kot. Liegt auf der Seite. Cheyne-Stockes'sches Atmen. Zuckt mit der Pfote beim Anklopfen. Macht im Vergleich mit den Katzen bei den anderen Versuchen den Eindruck einer ganz leicht erhöhten Reflexerregbarkeit. Keine Krämpfe.

12[12] Vorübergehend leicht scheuernde athetotische Bewegungen mit den Hinterbeinen.

12[13] Reagiert nicht auf Klopfen. Athetose vorne und hinten. Augen und Maul offen. Speichelfluss.

12[20] Unverändert. Betäubt. Wird herausgenommen.

Nach rascher Vorbereitung wird dieselbe betäubte Katze unter eine Glasglocke auf ein Drahtnetz über einer ganz flachen Schale mit Benzol gelagert. Sofort tritt das typische Benzol-Krampfstadium ein, das zwei Minuten dauert. Dann sistiert Atmung nach paarmaligem Schnappen. Herausgenommen ist die Katze tot, nach 3 Minuten Lagerung über der Benzolschale. Während dieser ganzen drei Minuten war reichlicher Luftzutritt gesichert von CO freier Luft.

Ich konnte auch in Versuch XXXIII und XXXIV keine Verschiedenheit der Kohlenoxyd- und der Leuchtgasvergiftung beim Warmblüter notieren. Ebensowenig in Versuch XXXIV und XXXV. Andeutungen einer Benzolwirkung waren wie a periori zu erwarten in XXXV vorhanden, doch fast vollkommen zurückgedrängt durch das lähmende Bild der Kohlenoxydvergiftung. Auch wird praktisch im Leuchtgas das Benzol nie so stark vertreten sein.

Das Ende von Versuch XXXV zeigt wie selbst in der C O Betäubung durch energisches Einwirken von Benzoldämpfen noch das typische Benzolvergiftungsbild durchbrechen kann und rasch zum Tode führt.

Zusammenfassend schliesse ich aus den vorliegenden Versuchen:

Es besteht ein Unterschied in der Wirkung des Leuchtgases, je nachdem es auf C O hochempfindliche oder C O relativ unempfindliche Tiere wirkt.

Bei C O unempfindlichen kaltblütigen Tieren ist seine Giftigkeit hauptsächlich bedingt durch Stoffe, die durch rauchende Schwefelsäure absorbiert werden, und die eine grosse Ähnlichkeit in den Vergiftungserscheinungen mit dem Benzol und seinen Homologen aufweisen.

Bei C O hochempfindlichen warmblütigen Tieren ist die Giftigkeit des Leuchtgases hauptsächlich durch den C O Gehalt bedingt und klinisch-symptomatologisch ist die Vergiftung ganz als C O Vergiftung charakterisiert.

Das von Santesson und später von Staehelin beobachtete Bild der Benzolinhalationsvergiftung bei Fröschen kann ich völlig bestätigen, und sehe ich nach meinen Versuchen dasselbe als auch beim Warmblüter giltig an.

Am Ende meiner Dissertation muss ich meinen herzlichen Dank sagen Herrn Prof. Dr. A. J. Kunkel für die gütige Überlassung dieser Arbeit und das rege Interesse, das er derselben zuwandte, und Herrn Dr. Fessel für die Liebenswürdigkeit, mit der er meine Arbeit unterstützte. Herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. A. J. Kunkel für die Übernahme des Referates.*)

*) Während diese Arbeit sich im Druck befand, ereilte ein jäher Tod meinen hochverehrten Lehrer, doch lebendig sein wird lange unter uns im Angedenken und Schaffen sein Geist und seine edle Persönlichkeit.

Lebenslauf.

Ich, Franz Florian Krusius, bayerischer Staatsangehörigkeit, bin geboren am 1. April 1882 zu Laubenheim bei Mainz als Sohn des Mathieu Krusius in Mainz. Nach Besuch der Gymnasien: Collège royal Français zu Berlin und des Gymnasium zu Mainz erwarb ich mir im Februar 1900 das Reifezeugnis in Mainz. Von April bis September 1900 Aufenthalt in England, Frankreich und Spanien. Im Oktober 1900 Beginn des medizinischen Studiums zu Marburg und Ableistung des militärischen Diensthalbjahres mit der Waffe bei dem Hess.-Preuss. Jägerbataillon No. 11. April 1901 Studium zu Würzburg bis Juli 1902 nach bestandener ärztlicher Vorprüfung; 1902—April 1904 klinische Semester in München; April 1904—März 1905 klinische Studien in Würzburg. Der ärztlichen Staatsprüfung unterzog ich mich in Würzburg und wurde am 2. Juni 1905 als Arzt approbiert. Vorstehende Dissertation habe ich unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. A. J. Kunkel verfasst.

Literatur.

(1) Kunkel. Über Verschiedenheit von Leuchtgas- und Kohlenoxydvergiftung. Sitzungsberichte der physikal.-med. Gesellschaft zu Würzburg. 1902.

(2) Santesson. Kurze pharmakolog. Mitteilungen aus dem pharmakolog. Laboratorium des Carolinischen Instituts zu Stockholm. Skandinavisches Archiv für Physiologie. X. 1899.

(3) Kunkel. Die Wirkung des Kohlenoxyds auf kaltblütige Tiere. Beiträge zur Physiologie. Festschrift für Adolf Fick.

(4) R. Staehelin. On the part played by Benzene in poisoning by coal gas. From the Proceedings of the Royal Society. Vol. 73. 11. Dezember 1903.

(5) Beyer. Narkotische Wirkungen von Riechstoffen und ihr Einfluss auf die motorischen Nerven des Frosches. Archiv für Anatomie und Physiologie, 1902 pg. 201 physiolog. Abteilung.

(6) A. Mosso. La rassomiglianza del male di montagna coll' avvelenamento par ossido di carbonio e studi sulla respiratione. Teilarbeit aus:

La respirazione nelle Gallerie e l'azione dell ossido di carbonio. Milano 1900.

(7) Bernheim. Gazette-Hebdomadaire Nr. 31, 1873, pag. 492.

(8) Biefel u. Poleck. Zeitschrift für Biologie 16. 279. 1880.

(9) Gréhant (Refer. in Maly's Jahresbericht 18 pg. 50).

(10) Gruber. Archiv für Hygiene I. 145. (1883).

(11) A. J. Kunkel. Handbuch der Toxikologie.

(12) Vahlen. Über Leuchtgasvergiftung. Archiv für expermintelle Pathologie und Pharmakologie.

Ferchland und Vahlen. Über Verschiedenheit von Leuchtgas- und Kohlenoxydvergiftung. Archiv f. exper. Pathol.- und Pharmakol. Bd. XLVIII.